

UDC
P 中华人民共和国行业标准

HG

HG/T 20591 - 97

化工蒸汽凝结水系统设计 技 术 规 定

1997 - 09 - 14 发布

1998 - 01 - 01 实施

中华人民共和国化学工业部 发布

化学工业部文件

化建发(1997)598 号

关于颁发《化工厂常用设备消声器 标准系列》等四项行业标准的通知

各省、自治区、直辖市、计划单列市化工厅(局、总公司),各有关单位:

由化工部有关设计技术中心站组织编制的《化工厂常用设备消声器标准系列》等四项标准,经审查,现批准为推荐性行业标准,自 1998 年 1 月 1 日起实施。标准名称、编号、组织单位、主编单位详见附表。

该四项标准分别由各组织单位负责管理,由化工部工程建设标准编辑中心负责出版、发行。

化 学 工 业 部

一九九七年九月十四日

附表

序号	标准名称	标准号	组织单位	主编单位	备注
1	化工厂常用 设备消声器 标准系列	HG/T 21616—97	化工部环 境保护设 计技术中 心站	吉林化学 工业公司 设计院	
2	化工机械化 运输工艺设 计施工图内 容和深度规 定	HG/T 20560—97	化工部粉 体运输设 计技术中 心站	化工部粉 体运输设 计技术中 心站	替代 CD 131A2—84
3	改性聚丙烯 厢式和板框 式压滤机系 列	HG/T 21615—97	化工部设 备设计技 术中心站	上海化工 设计院	
4	化工蒸汽凝 结水系统设 计技术规定	HG/T 20591—97	化工部热 工设计技 术中心站	吉林化学 工业公司 设计院	替代 CD 100A16—87

中华人民共和国行业标准

化工蒸汽凝结水系统设计技术规定

HG/T 20591—97

主编单位：吉林化学工业公司设计院

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一九九八年一月一日

目 次

1 总 则	(1)
2 一般规定	(2)
3 系统类型	(3)
3.1 开式凝结水回收系统	(3)
3.2 闭式凝结水回收系统	(3)
4 系统的拟定	(4)
4.1 拟定的依据	(4)
4.2 拟定的原则	(4)
5 系统内主要设备的选择与计算	(6)
5.1 疏水阀的选择与计算	(6)
5.2 凝结水箱的选择	(9)
5.3 二次蒸发箱的选择计算	(10)
6 凝结水管道的水力计算	(11)
6.1 凝结水管道水力计算的原则	(11)
6.2 凝结水管道水力计算公式	(11)
7 系统的控制和凝结水品质的监测	(14)
附录 A 凝结水回收数据表	(16)
附录 B 本规定用词说明	(17)
条文说明	(19)

1 总 则

1.0.1 本规定是为贯彻国家的节能政策,降低蒸汽系统的总能耗,提高蒸汽凝结水系统设计水平,使系统安全可靠、运行灵活、技术先进、经济合理而制定。

1.0.2 本规定主要规定了化工蒸汽凝结水系统的类型、系统的拟定、系统内主要设备的选择与计算、系统的控制和凝结水品质的监测。

1.0.3 本规定适用于化工新建、改扩建工程蒸汽凝结水系统的设计。

1.0.4 本规定如与国家标准有矛盾时,应以国家标准为准。

1.0.5 引用标准

GB/T 12712	《蒸汽供热系统凝结水回收及蒸汽疏水阀技术管理要求》
经能[1984]483号文	《供热系统节能工作的暂行规定》
国发[1982]102号文	《国务院关于节约工业锅炉用煤的指令(节能指令第四号)》
HG/T 20521	《化工蒸汽系统设计规定》
GJJ 34	《城市热力网设计规范》

2 一般规定

2.0.1 蒸汽供热系统产生的凝结水原则上应加以回收利用。但对100kg/h以下的凝结水,回收确有困难,又不经济的,可暂不回收,但也应采取措施就地充分利用。

2.0.2 蒸汽供热系统产生的凝结水应予回收。但加热有强腐蚀性物质的凝结水不应回收。加热油罐和有毒物质的凝结水,当有生活用汽时,严禁回收;无生活用汽时,也不宜回收。

2.0.3 蒸汽供热系统用汽设备,宜采用蒸汽间接加热方式,以提高凝结水回收率。对间接加热的生产设备,其凝结水回收率不宜低于80%。

2.0.4 设计新的或改进现有的凝结水系统,应充分利用二次蒸汽及凝结水的余热,减少腐蚀和环境污染。

2.0.5 对可能被污染的凝结水,经技术经济比较后,有回收价值的,应设置水质监测及净化装置予以净化回收。确实不能回收的,也应设法回收其热能。

2.0.6 回收的凝结水符合GB 1576《低压锅炉水质标准》或符合GB 12145《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》要求的,宜供各级锅炉使用。达不到上述标准时,必须进行水质处理,合格后方可供锅炉使用;若处理后仍不合格,可不必处理,另供它用。

3 系统类型

3.1 开式凝结水回收系统

凝结水与大气直接相接触的凝结水回收系统：

3.1.1 开式背压凝结水回收系统

利用疏水器背压为动力的凝结水回收系统。

3.1.2 开式重力凝结水回收系统

以可资利用的凝结水位能为动力的开式凝结水回收系统。

3.1.3 开式加压凝结水回收系统

利用水泵或其它设备强制回收的开式凝结水回收系统。

3.2 闭式凝结水回收系统

凝结水与大气不直接相接触的凝结水回收系统：

3.2.1 闭式背压凝结水回收系统

利用疏水器背压为动力的凝结水回收系统。

3.2.2 闭式满管凝结水回收系统

利用重力和背压相混合的凝结水回收系统。

3.2.3 闭式加压凝结水回收系统

利用水泵或其它设备强制回收的闭式凝结水回收系统。

4 系统的拟定

4.1 拟定的依据

- 4.1.1 凝结水回收量、温度、压力、品质等,详见附录 A。
- 4.1.2 全厂蒸汽平衡、全厂总平面图、地形图、区域图、竖向图。

4.2 拟定的原则

4.2.1 系统的选择应根据厂区的地形、用户分布状况、用汽设备的特点、供汽压力和温度、二次蒸汽和凝结水利用的方式及凝结水的回水量等因素,经技术经济方案比较后确定。

4.2.2 凝结水回收系统的拟定应与蒸汽系统的拟定同时进行。

4.2.3 开式凝结水回收系统热损失大,管道易腐蚀,且影响环境,不宜采用。如采用时,应采取有效措施以减少设备和管道腐蚀。

4.2.3.1 开式背压凝结水回收系统,简单可靠,宜用于蒸汽压力为 $0.1\sim 0.3\text{MPa}$ 的用汽设备且二次蒸汽量较少或无法回收利用二次蒸汽的场合。

4.2.3.2 开式重力凝结水回收系统,宜用于凝结水箱位置较低,地沟敷设的小型蒸汽供热系统。

4.2.4 新建或改扩建的凝结水回收系统,应采用闭式凝结水回收系统。

4.2.4.1 闭式背压凝结水回收系统简单,余热便于集中利用,凝结水管道可根据情况架空或地下敷设。

采用背压方式回收凝结水时应符合下列要求:

(1)凝结水管道的管径,应按汽水混合状态进行计算;

(2)疏水阀后凝结水的压力,应大于凝结水系统的阻力;

(3)压力相差较大的凝结水,合流时应采取措施,使其均能回到凝结水箱。

4.2.4.2 闭式满管凝结水回收系统,充分利用了二次蒸汽,消除了用户间不同压力干扰,工作稳定,但设备较多,适于二次蒸汽能就地利用的情况。

采用闭式满管凝结水回收系统时,应进行水力计算和绘制水压图,以确定二次蒸发箱的高度和二次蒸汽的压力,并使所有用户的凝结水能返回到凝结水箱。

4.2.5 加压凝结水回收系统,适于地形起伏大,用户分散,距离凝结水站较远的情况,但系统投资和运行费用较高,宜在凝结水量较大的大型厂区采用。

4.2.5.1 凝结水泵站的位置,应根据全厂用户的分布状况确定。凝结水回收量大于 3000kg/h 时,可建立单独的凝结水泵站。

4.2.5.2 当一个凝结水系统有几个凝结水分泵站时,凝结水泵的选择应符合并联运行的要求。

4.2.5.3 凝结水泵站的水泵宜设置 2 台,其中一台备用。每台凝结水泵流量应满足每小时最大凝结水回收量,其扬程应大于凝结水管道系统的压力损失、泵站至凝结水箱的提升高度和凝结水箱的压力和。

4.2.5.4 凝结水泵宜设置自动启动和停止运行的装置。

4.2.6 采用疏水加压器(凝结水自动泵)作为加压泵时,在各用汽设备的凝结水管道上应装设疏水阀。当疏水加压器兼有疏水阀和加压泵两种作用时,其装设位置应接近用汽设备,并使其上部水箱低于系统的最低点。

4.2.7 对易受污染和不易受污染的两类凝结水,宜分系统进行回收。

5 系统内主要设备的选择与计算

5.1 疏水阀的选择与计算

5.1.1 疏水阀的选配原则

5.1.1.1 疏水阀应根据其使用条件、安装位置、疏水阀的技术性能,选用最为适宜的疏水阀型式。

5.1.1.2 化工企业蒸汽供热系统中,所有产生凝结水的用汽点,其凝结水出口都必须安装疏水阀或其它疏水设施,不允许用截止阀代替。

5.1.1.3 在蒸汽管道或蒸汽加热设备的下述各点,应安装疏水阀或疏水设施。

(1)饱和蒸汽管的末端或最低点、蒸汽伴热管的末端或最低点。

(2)蒸汽系统的减压阀前、调节阀前。

(3)蒸汽不经常流动的死端,且为管道最低点。

(4)蒸汽分汽缸(蒸汽分配管)及蒸汽加热设备等下部。

(5)经常处于热备用状态的设备进汽管的最低点。

(6)扩容器的下部及波形补偿器的波峰下部。

(7)凡需要经常疏水的地方。

(8)过热蒸汽管网的相应地点应设启动疏水装置。

5.1.1.4 疏水阀应选择符合国家标准的优质节能疏水阀,其使用寿命应大于等于 8000h,漏汽率应小于等于 0.3%。

5.1.1.5 每个用汽设备宜单独设疏水阀。用汽压力不同的设备不允许共用一个蒸汽疏水阀。

5.1.1.6 当凝结水量超过单只疏水阀的最大排水量时,可选用

相同型式的疏水阀并联使用。

5.1.1.7 疏水阀都应带有过滤器。如不带过滤器,应在阀前安装过滤器。

5.1.1.8 当蒸汽疏水阀故障可能引起蒸汽系统或化工装置事故时,可以并联一只同型号的蒸汽疏水阀或安装旁通阀作为备用。

5.1.1.9 蒸汽疏水装置应设监测装置。

5.1.1.10 寒冷地区室外安装疏水阀应采取防冻措施。

5.1.1.11 根据疏水阀的凝结水排放量和疏水阀进出口的实际工作压力差,以及疏水阀的最高工作背压,选取不同型式的蒸汽疏水阀,并确定其规格和数量。

(1)蒸汽疏水阀的公称压力及工作温度应大于或等于蒸汽管道及用汽设备的最高工作压力及最高工作温度。

(2)蒸汽疏水阀必须区别类型,按其工作性能、条件和凝结水排放量进行选择,不得以蒸汽疏水阀的公称通径作为选择依据。

(3)在凝结水回收系统中,若利用工作背压回收凝结水时,应选用背压率较高的蒸汽疏水阀(如机械型蒸汽疏水阀)。

(4)当用汽设备内要求不得积存凝结水时,应选用能连续排出饱和凝结水的蒸汽疏水阀(如浮球式蒸汽疏水阀)。

(5)在凝结水回收系统中,用汽设备既要求排出饱和凝结水,又要求及时排出不凝结性气体时,应采用能排饱和凝结水的蒸汽疏水阀与排气装置并联的疏水装置,或采用同时具有排水、排气两种功能的蒸汽疏水阀(如热静力型蒸汽疏水阀)。

(6)当用汽设备工作压力经常波动时,应选用不需调整工作压力的蒸汽疏水阀。

5.1.2 疏水阀的选择计算

5.1.2.1 蒸汽疏水阀凝结水排放量

$$G_1 = \eta G_c \quad (5.1.2.1)$$

式中

G_1 —— 蒸汽疏水阀凝结水排放量, t/h;

G_c —— 用汽设备或蒸汽管道凝结水的排放量, t/h;

η —— 安全率, 其数值按蒸汽疏水阀样本选取, 或参考《蒸汽供热系统凝结水回收及蒸汽疏水阀技术管理要求》(GB/T 12712-91)附录 B。

5.1.2.2 蒸汽疏水阀的实际工作压差

$$\Delta P = P'_0 - P'_{OB} \quad (5.1.2.2-1)$$

式中

ΔP —— 蒸汽疏水阀的实际工作压差, Pa;

P'_0 —— 蒸汽疏水阀的实际工作压力, Pa;

P'_{OB} —— 蒸汽疏水阀的实际工作背压, Pa。

(1) 蒸汽疏水阀实际工作压力 P'_0 的确定

凝结水由蒸汽管道系统排出时, 蒸汽疏水阀的实际工作压力等于蒸汽管道的工作压力。

凝结水由用汽设备排出时, 蒸汽疏水阀的实际工作压力

$$P'_0 = (0.9 \sim 0.95)P \quad (5.1.2.2-2)$$

式中

P'_0 —— 蒸汽疏水阀的实际工作压力, Pa;

P —— 用汽设备的蒸汽压力, Pa。

(2) 蒸汽疏水阀实际工作背压

$$P'_{OB} = (H_3 + \Delta Z_3) \cdot g\rho + P_3 \quad (5.1.2.2-3)$$

式中

P'_{OB} —— 蒸汽疏水阀的实际工作背压, Pa;

H_3 —— 蒸汽疏水阀后管道系统总阻力, Pa;

ΔZ_3 —— 蒸汽疏水阀后提升或下降的高度, 提升为正值, 下降为负值, m;

P_3 —— 凝结水箱的压力, Pa;

g —— 重力加速度, m/s^2 ;

ρ —— 密度, kg/m^3 。

5.1.2.3 疏水阀实际最高工作背压,随疏水阀的结构特点和入口蒸汽压力不同而异,见疏水阀样本或说明书,亦可按下式确定:
机械型疏水阀的最高工作背压

$$P'_{\text{MOB}} = 0.8P'_0 \quad (5.1.2.3-1)$$

热静力型疏水阀的最高工作背压

$$P'_{\text{MOB}} = 0.3P'_0 \quad (5.1.2.3-2)$$

圆盘式疏水阀的最高工作背压

$$P'_{\text{MOB}} = 0.5P'_0 \quad (5.1.2.3-3)$$

脉冲式疏水阀的最高工作背压

$$P'_{\text{MOB}} = 0.25P'_0 \quad (5.1.2.3-4)$$

式中

P'_0 —— 蒸汽疏水阀的实际工作压力, Pa;

P'_{MOB} —— 蒸汽疏水阀的实际最高工作背压, Pa。

5.2 凝结水箱的选择

5.2.1 凝结水箱分开式、闭式两种。开式凝结水箱与大气相通,水箱设有排气管。闭式凝结水箱用于闭式凝结水系统,凝结水箱不与大气相通,凝结水箱装有安全水封或安全阀。

5.2.2 每个凝结水泵站中的凝结水箱宜设置一台。常年不间断运行的系统宜设置两台,凝结水有被污染的可能时应设置两台,或一台水箱中间加装隔板。

5.2.3 水箱容积根据凝结水最大小时回收量和凝结水泵运行自动化程度确定。泵无自动启动、停止装置时,水箱总有效容积一般按 30~40 分钟最大小时凝结水回收量确定;泵有自动启动、停止装置时,水箱总有效容积按 15~20 分钟最大小时回收量确定。

5.3 二次蒸发箱的选择计算

二次蒸发箱容积按下式计算

$$V=0.5UX_iG\times 10^{-3} \quad \text{m}^3 \quad (5.3-1)$$

式中

U —— 二次蒸汽比容, m^3/kg ;

G —— 进入二次蒸发箱凝结水量, kg/h ;

X_i —— 二次蒸发箱分离出的蒸汽量, 以进入凝结水重量的百分数计。

二次蒸发箱分离出的蒸汽量 X_i 按下式计算

$$X_i = X_1 + X_2 + X_3 - X_4 - X_5 \quad (5.3-2)$$

式中

X_1 —— 通过疏水阀所产生的二次蒸汽率, kg/kg ;

X_2 —— 通过凝结水管内的压降所产生的二次蒸汽率, kg/kg ;

X_3 —— 疏水阀的漏汽率, kg/kg (可取 3%);

X_4 —— 由于凝结水过冷而减少的二次蒸汽率, kg/kg ;

X_5 —— 由于凝结水管道及附件等的热损失而减少的二次蒸汽率, kg/kg 。

6 凝结水管道的水力计算

6.1 凝结水管道水力计算的原则

6.1.1 压力凝结水管道应根据最大凝结水流量和经济比压降计算干管管径。一般主干管经济比压降宜为 50~100Pa/m,支管不宜超过 300Pa/m。

6.1.2 背压凝结水管道应根据最大凝结水流量和最大允许比压降计算管径,最大不得大于 100Pa/m。

6.2 凝结水管道水力计算公式

6.2.1 凝结水管道的比压降计算公式

$$\Delta h = 6.254 \times 10^{13} \frac{\lambda}{\rho} \cdot \frac{G^2}{D_n^5} \quad (6.2.1)$$

式中

Δh —— 比压降, Pa/m;

λ —— 摩擦阻力系数;

G —— 凝结水计算流量, t/h;

D_n —— 管道内径, mm;

ρ —— 凝结水密度, kg/m³。

6.2.2 摩擦阻力系数计算公式

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{K_d}{D_n} \right)^{0.25} \quad (6.2.2)$$

式中

λ —— 摩擦阻力系数;

K_d ——管壁等值粗糙度, mm;

D_n ——管道内径, mm。

6.2.3 重力(压力)凝结水管道水力计算公式:

取凝结水温度 $t=100^{\circ}\text{C}$ 、管壁等值粗糙度 $K_d=1.0\text{mm}$ 、凝结水密度值 $\rho=958.38\text{kg/m}^3$ 、运动粘度值 $\nu=0.295\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$

则
$$\Delta h = 7.178 \times 10^9 \frac{G^2}{D_n^{5.25}} \quad (6.2.3)$$

式中

Δh —— 比压降, Pa/m;

G —— 管道内凝结水计算流量, t/h;

D_n —— 管道内径, mm。

6.2.4 背压凝结水管道水力计算公式

背压凝结水管道为汽液两相流动, 计算中假定两相流为乳状汽水混合液, 其密度采用汽水混合物平均密度。

取开式系统, 管壁等值粗糙度 $K_d=1.0\text{mm}$; 闭式系统管壁等值粗糙度 $K_d=0.5\text{mm}$, 则

开式系统

$$\Delta h = 6.875 \times 10^{12} \frac{G^2}{\rho_p D_n^{5.25}} \quad (6.2.4-1)$$

闭式系统

$$\Delta h = 5.781 \times 10^{12} \frac{G^2}{\rho_p D_n^{5.25}} \quad (6.2.4-2)$$

$$\rho_p = \frac{1}{v_p} = \frac{1}{(1-X_p)v_s + X_p v_x} \quad (6.2.4-3)$$

$$X_p = X_0 + X_1 + \frac{X_2}{2} - \frac{X_3}{2} \quad (6.2.4-4)$$

$$X_1 = \frac{(h_1 - h_i) - h_2}{\gamma_2} \quad (6.2.4-5)$$

$$X_2 = \frac{h_3 - h_4}{\gamma_3} \quad (6.2.4-6)$$

$$X_3 = \frac{q \cdot (t_1 - t_2) \cdot l}{G \cdot \gamma_3} \quad (6.2.4-7)$$

式中

- Δh —— 比压降, Pa/m;
- G —— 管道凝结水计算流量, t/h;
- D_n —— 管道内径, mm;
- ρ_p —— 计算管段汽水混合物的平均密度, kg/m³;
- ν_p —— 计算管段汽水混合物的平均比容, m³/kg;
- ν_s —— 计算管段末端压力下凝结水的比容, m³/kg;
- ν_v —— 计算管段末端压力下蒸汽的比容, m³/kg;
- X_p —— 计算管段的平均含汽率;
- X_0 —— 蒸汽疏水阀的漏汽率, 一般取 $X_0 \leq 3\%$;
- X_1 —— 蒸汽疏水阀前后压差产生的二次蒸汽率;
- h_1 —— 蒸汽疏水阀前压力下饱和凝结水的比焓, kJ/kg;
- h_2 —— 蒸汽疏水阀后压力下饱和凝结水的比焓, kJ/kg;
- h_i —— 蒸汽疏水阀前凝结水的过冷度所相应的比焓, kJ/kg;
- γ_2 —— 蒸汽疏水阀后压力下的汽化潜热, kJ/kg;
- X_2 —— 凝结水流过管段, 由于压力降所产生的二次蒸汽率;
- h_3 —— 计算管段的起点压力下饱和凝结水的比焓, kJ/kg;
- h_4 —— 计算管段的末端压力下饱和凝结水的比焓, kJ/kg;
- γ_3 —— 计算管段末端压力下的汽化潜热, kJ/kg;
- X_3 —— 由于管道散热而凝结的蒸汽量;
- q —— 凝结水管道单位长度散热损失, kJ/(m · h · °C);
- l —— 凝结水管道的总长度, m;
- t_1 —— 管道中凝结水温度, °C;
- t_2 —— 周围环境温度, 按夏季通风计算温度计算, °C;
- G —— 凝结水流量, kg/h。

7 系统的控制和凝结水品质的监测

7.0.1 蒸汽凝结水回收系统,应根据安全生产、成本核算、运行工况、事故分析等方面要求,合理配置各种检测、自控、联锁、报警等仪表装置。

7.0.2 中、小型凝结水回收系统宜采用简单就地检测仪表,大型凝结水系统,宜有集中控制室,可采用遥控方式。

7.0.3 凝结水回收和利用系统中,宜根据系统的大小、管理水平的高低,在下述工作过程中采用自动控制装置:

(1)凝结水箱或锅炉房回水箱的水位控制。

(2)凝结水泵的开、停和出现事故时的切换。

(3)保持闭式凝结水箱和二次蒸发箱内汽层压力的恒定。

(4)高低压疏水装置的控制。

(5)为防止凝结水系统内产生倒空,在凝结水管道上装设自动调节装置。

(6)为防止疏水装置内压力过高或水箱满水以及水箱结冻的控制等。

7.0.4 凝结水回收系统应在下列部位装设压力表:

(1)换热器的进汽管。

(2)二次蒸发箱。

(3)凝结水泵站的闭式凝结水箱。

(4)凝结水泵出水管道。

(5)凝结水管网中调节阀的前后管道上。

7.0.5 凝结水回收系统宜在下列部位装设温度测量仪表:

(1)换热器出口和启动疏水阀前的疏水管道连接管上。

(2)二次蒸发箱(应装在最低水位线以下)。

(3)凝结水箱。

7.0.6 凝结水回收系统为显示和积算回收的凝结水量,宜在下列部位设置流量表:

(1)二次蒸发箱后的凝结水出水管。

(2)凝结水泵出口的总管上。

(3)回至凝结水箱前的总管或支管。

7.0.7 凝结水系统应在下列设备或装置处,设置水位计测量水位:

(1)大型容积式换热器。

(2)二次蒸发箱。

(3)凝结水箱或回水箱。

7.0.8 凝结水品质如酸度、含盐量、含油量等的检查和监督,采用定期取样分析或采用连续自动检测仪器进行检测。

附录 B 本规定用词说明

- B. 0. 1** 表示很严格,非这样做不可的用词:
正面词采用“必须”;
反面词采用“严禁”。
- B. 0. 2** 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:
正面词采用“应”;
反面词采用“不应”或“不得”。
- B. 0. 3** 表示允许有选择,在条件许可时首先应该这样做的用词:
正面词采用“宜”或“可”;
反面词采用“不宜”。
- B. 0. 4** 非必须按所指定的标准、规范的规定执行的写法为“可参照……”。

附加说明 本标准提出单位、主编单位和主要起草人

提出单位：化工部热工设计技术中心站

主编单位：吉林化学工业公司设计院

主要起草人：张均治

审核人：徐健 王德胜

化工蒸汽凝结水系统设计技术规定

HG/T 20591—97

条 文 说 明

1 总 则

1.0.1 凝结水回收及其热量的利用,是蒸汽供热系统中节约能源的重要组成部分。通过蒸汽换热设备所排出的凝结水,如果不回收或回收量很少,则不仅浪费大量软化水,而且还将损失大量热量。凝结水损失,通常约占蒸汽本身热量的 12%~15%,如果包括疏水阀漏气,则可达 20%~50%或更高。因此回收凝结水,对提高能源利用率,节约燃料和减少软化水的处理费用,具有非常重要的意义。

为提高凝结水回收率,必须正确选择凝结水的回收系统,合理地进行设计和安装。

安全可靠:不致因凝结水回收系统出问题而影响工艺生产,系统容量要留有一定裕量。

运行灵活:在开车、停车、局部负荷变动时,系统能正常生产。

技术先进、经济合理:凝结水系统的选择,设备和管路计算要做多方案的技术经济比较。根据每年节能回收的金额,偿还一次投资的年份期限,作为评定指标。合理的回收年限为 3~5 年。

1.0.3 本规定是针对化工企业编制的,热电站凝结水系统不属于本规定范围。

2 一般规定

2.0.1 本条规定根据国家技经委文件“经能[1984]483号”文所发《供热系统节能工作的暂行规定》第4(2)条所制定。

2.0.2 加热有强腐蚀性和有毒物质的凝结水,因怕渗漏,给锅炉或工艺装置过程带来危害,故不应回收。当锅炉供生活用汽时,为避免发生人身中毒事故,更严禁回收。

2.0.3 本条规定主要是参照国务院文件国发[1982]102号,国务院关于节约工业锅炉用煤的指令(节能指令第四号)三……“间接用汽时,凝结水回收率不得低于60%~80%”以及建设部颁发GJJ34-90《城市热力网设计规范》3.4.2条“蒸汽热力网中,采用间接加热的热负荷,其凝结水回收率不应小于80%”。因此,本规定综合考虑为“其凝结水回收率宜不低于80%”。

2.0.4 化工企业凝结水系统,过去大多采用开式系统,放掉二次蒸汽,热能浪费严重。近年大多改用闭式系统,凝结水余热一是利用水-水热交换器将饱和(或过热)凝结水冷却降温回收利用凝结水的热量,用以提高水温度;其二是设置二次蒸发器或闭式凝结水箱,分离过热凝结水的二次蒸汽,根据压力不同,可将该二次蒸汽直接接入低压蒸汽管网或通过喷射加压器将二次蒸汽升压,送入中压蒸汽管网,回收利用二次蒸汽的潜热。

2.0.5~2.0.6 本条是根据国家技经委文件“经能[1984]483号”文所发《供热系统节能工作的暂行规定》第4(3)、(4)条制定。

3 系统类型

3.1 开式凝结水回收系统,是指凝结水箱与大气相通或系统中的某些点处在大气压力或真空状态下。

3.1.1 开式背压凝结水回收系统,是蒸汽在设备中放热变成凝结

水,经疏水阀后直接排入凝结水管网,依靠疏水阀背压将凝结水送至凝结水箱,见附图 1。

3.1.2 开式重力凝结水回收系统是低压蒸汽用热设备排出的凝结水,经疏水阀后,沿着一定坡度依靠重力流向开式凝结水箱的回水系统,见附图 2。

3.2 闭式凝结水回收系统,凝结水箱不与大气相通且凝结水回收系统中各点,包括疏水阀在内经常处在表压力状态下。

3.2.1 闭式背压凝结水回收系统,系统中各用汽设备产生的凝结水,经疏水阀后,利用疏水阀的背压,将凝结水送至闭式凝结水箱,见附图 3。

3.2.2 闭式满管凝结水回收系统,该系统是将用热设备的各种压力的高温凝结水依靠背压先引入专门的二次蒸发箱,在箱内分离出二次蒸汽并被利用,其凝结水经水封(或液位调节阀)排入凝结水管网,依靠背压或重力作用将凝结水送至闭式凝结水箱,见附图 4。

3.2.3 闭式加压凝结水回收系统,当靠余压不足以克服系统的阻力,不能把凝结水送至凝结水箱,可在用户处或几个用户联合起来设置凝结水箱,收集各用热设备中流出的各种压力凝结水。在排出或利用二次蒸汽后,其凝结水用凝结水泵或凝结水加压装置送至凝结水箱。

4 系统的拟定

4.1.1 凝结水回收数据表摘自《化工蒸汽系统设计规定》(HG/T 20521—92)。

本表流量指工艺回收后送出的凝结水量;电导率表明金属离子含量污染情况。

4.2.2 凝结水回收系统的拟定,必须根据化工企业蒸汽系统的需要和可能,确定凝结水的回收和利用方式。

4.2.3 在采用开式凝结水回收系统时,应采取如下一些措施,以减少设备和管路的腐蚀。

装设蒸汽凝结水混合物的冷却器或二次蒸汽的凝结器,以便将高温凝结水的水温在到水箱之前降到 $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

将凝结水送入凝结水箱液位以下降低凝结水的充氧量。

不间断地抽水或者最大限度地延长抽水时间,以减弱溃疡腐蚀。

在凝结水箱中装置浮漂挡板,以减弱空气中氧向凝结水的扩散力。

4.2.3.1 开式背压凝结水回收系统,用汽换热设备(蒸汽压力大于 0.1MPa ,一般为 $0.3\sim 0.6\text{MPa}$)的凝结水经疏水阀,依靠疏水阀背压将凝结水送至凝结水箱。该系统二次汽排入大气,热损失大,浪费热能,且影响环境,管道腐蚀严重,所以不宜采用。但系统简单,适于二次汽量较少或无法回收利用二次蒸汽的场合。

4.2.3.2 开式重力凝结水回收系统,适用于用汽压力低(小于 0.1MPa)的自流回水系统。凝结水经疏水阀后,直接接到坡向凝结水箱的凝结水管道,靠凝结水本身的重力流到凝结水箱,水箱放散管与大气相通。适于小型蒸汽供应的凝结水回收系统,要求地形条件能使凝结水管道顺坡坡向凝结水箱。

4.2.4 闭式凝结水回收系统的二次蒸汽和凝结水的余热被充分利用,减少腐蚀,保护环境,提高了管道和设备的使用年限。为避免空气进入系统管网内腐蚀管道和附件,将整个凝结水系统封闭起来,使系统内各点保持正压,防止产生真空吸入空气,而在系统终端二次蒸发器或凝结水箱内维持一定的正压力,一般控制在 $0.11\sim 0.12\text{MPa}$ 。该压力的确定,主要考虑两个因素:一是流入二次蒸发器或凝结水箱的凝结水温度,二是凝结水量的变化情况。当凝结水量和温度变化大时,这个压力宜控制高些,反之宜控制低些。闭式二次蒸发器或凝结水箱内压力的控制,通常采取如下措施实现:

在二次蒸发器或凝结水箱上装设安全阀或安全水封;

如果在条件(如房间高度)允许时,可采用单水封套管或套管水封管以及多级水封管,控制系统末端压力。

4.2.4.1 闭式背压凝结水回收系统,设备简单,凝结水热量可集中利用。故在一般作用半径为 500~1000m,凝结水量不多,用户分散的中小型厂区采用。

(1)背压凝结水回收系统中,高压凝结水在回送途中要不断二次汽化,加上疏水阀的漏汽,背压凝结水管必然是汽水两相流动,极易产生水击,故凝结水的管径应按汽水混合状态进行计算。

(2)为保证凝结水顺利回到闭式凝结水箱,疏水阀后的凝结水压力应大于凝结水系统的阻力(包括疏水阀和凝结水箱位差和凝结水箱内的压力)。

(3)闭式背压凝结水回收系统凝结水管是汽水两相流动,且当系统中有压力相差较大的凝结水合流,在设计与调节不当时会互相干扰,以致低压凝结水回流不畅,造成低压设备不能正常工作。由于汽水两相流动和疏水阀间歇工作的复杂情况,管路水力计算很难取得十分准确的结果。

根据经验,一般高低用汽压力差在 0.3MPa 以下采用合流是合适的。当压差较大时,宜将高低压凝结水分开输送。在管路连接处采取一些便利高低压凝结水合流的简单措施。如支管与凝结水干管相连时,应采用自干管上部斜插入的做法,或将高压凝结水管做成简单的喷嘴形或多孔管,见附图 5。

4.2.4.2 当采用闭式满管系统回收凝结水时,为使所有用户的凝结水能返回凝结水箱,在进行凝结水管水力计算的基础上应绘制水压图,以便根据各用户的室内地面标高、管道的阻力、凝结水箱的标高、其中的汽压等因素,通过水压图以合理确定二次蒸发箱的安装高度及二次蒸汽的压力,使所有用户的凝结水能返回至凝结水箱。

4.2.5 选择加压凝结水系统时,应首先根据用户分布的情况,分片合理地布置凝结水泵站,条文中是按自动启闭水泵的运行方式

考虑。为避免水泵频繁的启闭,凝结水泵的流量不宜过大。根据目前凝结水回收率的水平,凝结水泵的流量按每小时最大凝结水量计算。当泵站并联运行时,凝结水泵的选择应符合并联运行的要求。

4.2.6 疏水加压器(凝结水自动泵)是国内近年仿照国外产品研制出的一种新型凝结水输送装置,构造简单,不用电动机作动力,自动启停,运行可靠,使用维修方便。华北××厂、西安××厂、郑州××厂等,都由于使用了这一装置,把高温凝结水安全可靠地送回凝结水箱或锅炉房。其中华北××厂已在几个车间凝结水回收系统中较多地推广使用,取得了较好的节能效果。

当采用疏水加压器即凝结水自动泵作为加压泵,如该疏水加压器不具备阻汽作用时,则各用汽设备的凝结水管道在接入疏水加压器之前,应分别安装疏水阀。如当疏水加压器兼有疏水阀和加压泵两种作用时,则用汽设备的凝结水管道上可不另安装疏水阀。但疏水加压器的设置位置应靠近用汽设备,并应使疏水加压器的上部水箱低于凝结水系统,以利于用汽设备的凝结水顺畅地流入该疏水加压器的集水箱。

5 系统内主要设备的选择计算和安装

5.1.1.1 疏水阀按其工作原理分类

(1)热动力型 利用蒸汽、凝结水通过启闭件(阀片或阀瓣)时的不同流速引起被启闭件隔开的压力室和进口处的压力差来启闭疏水阀。这类疏水阀处理凝结水的灵敏度较高,启闭件小,惯性也小,开关速度迅速。主要品种及性能如下:

a. 圆盘式疏水阀 结构简单,造价低,间断排水有噪音,允许最小过冷度为 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$,有一定的漏气量,排空气性能不佳,耐水击,适应冷冻及过热蒸汽场合,适用范围较广。

b. 脉冲式疏水阀 结构简单,能连续排水,但有较大的漏气

量。背压度较低,适用于回转干燥滚筒的虹吸管排水,能排出一定量的冷热空气,最小过冷度为 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。

c. 迷宫式或微孔式疏水阀 利用凝结水通过迷宫式通道的多节膨胀降压或通过微孔的一次膨胀所产生的二次蒸汽来为阻止或减少蒸汽的泄漏。结构简单,能连续排水、排空气。微孔式适用于小排量,迷宫式适用于特大排量。但都不能适应压力流量变化较大的情况。

(2) 热静力型 利用蒸汽和凝结水的不同温度引起温度敏感元件动作,从而控制启闭件工作。其温度敏感元件受温度变化在开关启闭件时有滞后现象,对低于饱和温度一定温差的凝结水和空气可同时排放出去。可装在用汽设备上部单纯作排空气阀使用。主要品种及性能如下:

a. 液体膨胀式疏水阀 结构复杂,灵敏度不高,能排出 $60\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的低温水,也能排除空气,适用于要求伴热温度较低的伴热管线排凝及采暖用管线。

b. 蒸汽压力式或平衡式压力式疏水阀 结构简单,动作灵敏,可作为蒸汽系统的排空气阀。

c. 波纹管式疏水阀 结构简单,动作灵敏,能连续排水,过冷度 20°C 左右,抗污垢及抗水击性差,广泛用作采暖系统疏水,也可作为蒸汽系统排空气阀。

d. 双金属片疏水阀 动作灵敏度不高,能连续排水,排水性能好,过冷度较大且可调节,从低压到高压都适用,最高使用压力可达 4.0MPa ,最高使用温度可达 550°C 。抗污垢、抗水击性强,可作为蒸汽系统排空气阀。

(3) 机械型疏水阀 依靠浮子随凝结水液位升降的动作实现阻汽排水。小口径较大口径阀灵敏度高,浮球式灵敏度高于浮筒式疏水阀。除倒吊桶式疏水阀可以排除少量的冷热空气外,这类阀都不能排出空气。主要品种及性能如下:

a. 自由浮球式疏水阀 结构简单,灵敏度高,能连续排水,漏

气量小,一般结构不能自动排除空气,可附加热静力型排空气阀,可排饱和水,抗水击、抗污垢能力差。可设计成大口径及大排水量的疏水阀,但制造工艺复杂。

b. 杠杆浮球式疏水阀 特点与自由浮球式相同,但结构较复杂,灵敏度略低,体积小,制造工艺较简单。

c. 浮桶式疏水阀 制造工艺简单,灵敏度不高,间断排水,不能排出空气,可排出饱和水,抗水击、抗污垢性比浮球式强,但体积大。

d. 倒吊筒式疏水阀 与浮桶式相比,灵敏度高,体积小,漏气量也小。可在工作开始和中间排除一定量的冷热空气。

5.1.1.3 调节阀前的疏水,见附图 6。

$$5.1.1.4 \text{ 疏水阀漏气率} = \frac{\text{内漏蒸汽量}}{\text{正常工作排量}} \times 100\%$$

使用寿命是指疏水阀在漏气率不超过规定值内的使用期限。

5.1.1.5 不同压力的不同用汽设备,不能共用一个疏水阀,否则因为高压用汽设备的进出口压力高,使低压用汽设备的出口压力提高,造成进出口压差缩小,减少了低压用汽设备的排水量,甚至排不出水而无法工作。同一蒸汽压力的几个同类型用汽设备也不允许共同使用一个疏水阀。由于制造和使用情况不同,其加热效率、流体阻力都有所不同,更重要的是这些用汽设备的负荷都不一致,蒸汽大量从阻力小的设备流过,从而影响其它设备通过的蒸汽量,不能满足用汽设备的工艺要求。

5.1.1.6 疏水阀并联安装见附图 7。

5.1.1.11 按计算结果选取疏水阀时,应选择符合国家标准和 CVA 标准的优质节能疏水阀。这种疏水阀在阀门代号 S 前都冠以“C”字代号,其使用寿命 $\geq 8000\text{h}$,漏气率 $\leq 0.3\%$ 。

在凝结水一经形成,必须立即排除的情况下,不宜选用脉冲式

和波纹管式疏水阀(因二者均要求一定的过冷度约 $17\sim 5^{\circ}\text{C}$),而应选用浮球式疏水阀。

在凝结水负荷变动到低于额定最大排水量的 15% 时,不应选用脉冲式疏水阀。因它在低负荷下,将引起部分新鲜蒸汽的泄漏损失。

5.1.2.1 由于供汽初期易发生超负荷运行现象,为适应这种变化,并考虑疏水阀最大排水量是按连续测得的,故计算求得的设备或管道排水量应乘以安全率 η ,才可作为选用疏水阀的最大排水量。

蒸汽管道取开工或正常工作时,蒸汽管道凝结水量的大值作为选用疏水阀的最大排水量。

5.1.2.2 蒸汽疏水阀进出口的实际工作压力,是指疏水阀进出口端管道内凝结水或蒸汽的实测压力。

5.1.2.3 疏水阀实际最高工作背压是指疏水阀正常工作时,其出口端的最高允许压力,即疏水阀前凝结水压力减去凝结水通过该疏水阀时的阻力。

$$P'_{\text{MOB}} = P'_o - \Delta P$$

P'_o ——疏水阀实际工作压力, Pa;

ΔP ——凝结水通过疏水阀时的阻力, Pa(与疏水阀的构造和疏水量有关)。

6 凝结水管道的水力计算

6.1.1 经济比压降的选取参考《城市热力网设计规范》(GJJ 34—90)第 6.2.2 和 6.2.3 条。

6.1.2 对背压凝结水回收系统,应根据运行过程中可能出现的最大流量和允许的最大压力损失,来选用较小的管径以节省管网的一次投资。

6.2 凝结水管道水力计算公式是通过水力学公式导出。

$$\Delta h = \frac{\lambda}{\left(\frac{D_n}{1000}\right)} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \gamma}{2g} \quad \text{Pa/m} \quad (\text{A})$$

式中

Δh —— 比压降, Pa/m;

D_n —— 管子内径, mm;

ω —— 热介质在管内流速, m/s;

γ —— 热介质的重度, N/m³;

g —— 自由落体重力加速度, $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$;

λ —— 管道摩擦阻力系数。

当已知管道质量流量为 G 时流速

$$\omega = \frac{G}{0.9\pi\rho\left(\frac{D_n}{1000}\right)^2} \quad \text{m/s} \quad (\text{B})$$

将式(B)代入式(A)可得如下工程使用公式

$$\Delta h = 6.254 \times 10^{13} \frac{\lambda G^2}{\rho D_n^5} \quad \text{Pa/m}$$

式中

G —— 凝结水的计算流量, t/h;

ρ —— 热介质密度, kg/m³;

其余符号同前。

当管径大于 $D_n 40$ 时, 管道的摩擦阻力系数 λ 推荐用希弗林松计算公式

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{K_d}{D_n} \right)^{0.25} \quad (6.2.2)$$

式中

D_n —— 管道内径, mm。

管壁等值粗糙度 K_d 采用下列数值:

闭式凝结水系统: $K_d = 0.5 \text{ mm}$

开式凝结水系统: $K_d = 1.0 \text{ mm}$

重力和加压凝结水系统: $K_d = 1.0\text{mm}$, $\rho = 958.38\text{kg/m}^3$

将 ρ 及不同 K_d 值代入公式(6.2.1)及(6.2.2),即可得出:

重力和加压凝结水管路计算公式

$$\Delta h = 7.178 \times 10^9 \frac{G^2}{D_n^{5.25}} \quad \text{Pa/m} \quad (6.2.3)$$

背压凝结水管路计算公式

开式系统 $K_d = 1.0\text{mm}$

$$\Delta h = 6.875 \times 10^{12} \frac{G^2}{\rho_p D_n^{5.25}} \quad \text{Pa/m} \quad (6.2.4-1)$$

闭式系统 $K_d = 0.5\text{mm}$

$$\Delta h = 5.781 \times 10^{12} \frac{G^2}{\rho_p D_n^{5.25}} \quad \text{Pa/m} \quad (6.2.4-2)$$

式中:

ρ_p ——管道中汽水混合物平均密度, kg/m^3 。

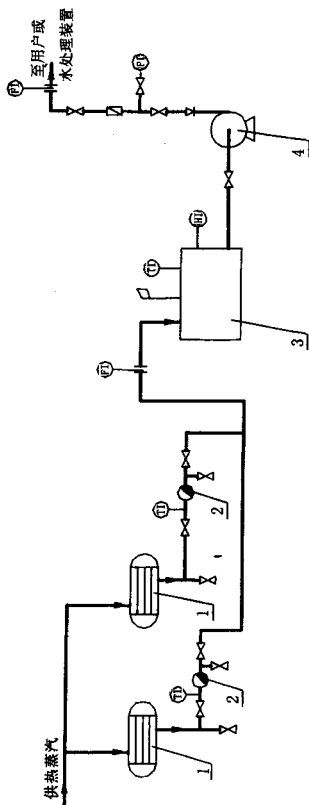
其它符号同上。

7 系统的控制和凝结水品质的监测

7.0.1 凝结水系统的控制和监测,目的为保证凝结水回收系统的正常可靠运行,制止和减少凝结水浪费,回收能量,从而提高化工企业的经济效益。

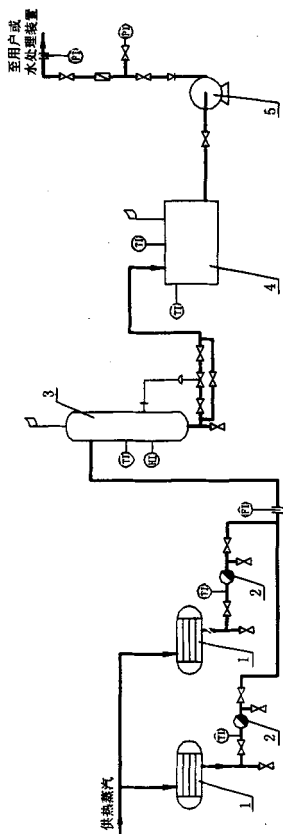
7.0.2 由于遥控仪表比较复杂,造价高,对于中小型凝结水系统不宜采用。对于大型凝结水回收系统,应与整个供热系统一起设置主控室或监测站。各凝结水泵站之间应设有联络电话。

7.0.3 大型凝结水回收系统,大多有几个或十几个凝结水泵站分站组成。站内的凝结水泵,通常无人操作,因此凝结水输送的自动化必不可少。而用凝结水箱的高低水位自动控制水泵的开停,是凝结水泵站常采用的一种控制方式。



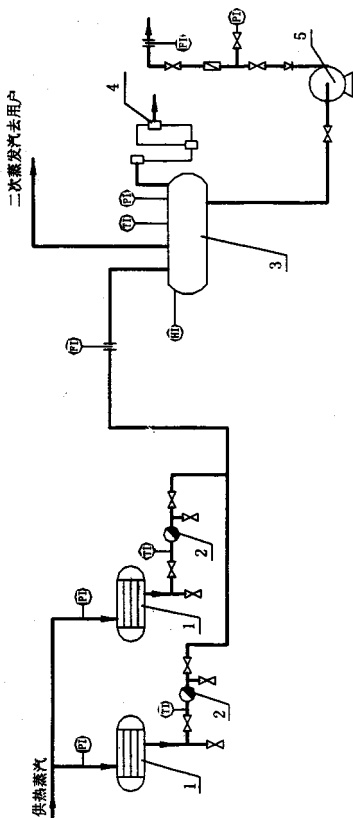
附图 1 开式背压凝结水回收系统示意图

1——用汽设备; 2——疏水阀; 3——凝结水箱; 4——凝结水泵。



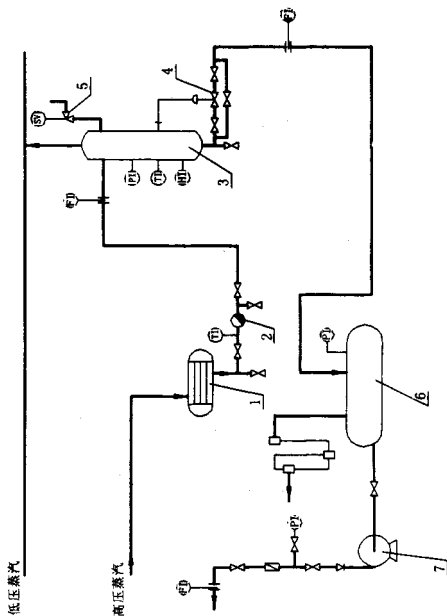
附图 2 开式重力凝结水回收系统示意图

1——用汽设备; 2——疏水阀; 3——二次蒸发箱; 4——开式凝结水箱; 5——凝结水泵。



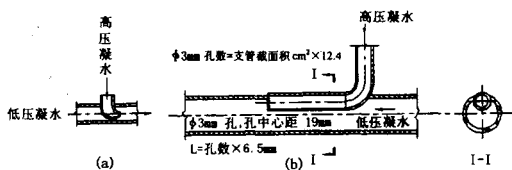
附图 3 闭式背压凝结水回收系统示意图

1——用汽设备;2——疏水阀;3——闭式凝结水箱;4——水封装置;5——凝结水泵。

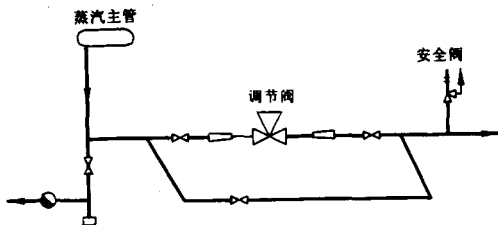


附图 4 闭式满管凝结水回收系统示意图

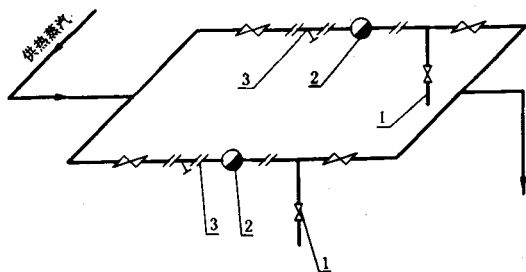
1——用汽设备；2——疏水阀；3——二次蒸发箱；4——液面调节阀；5——安全阀；
6——闭式凝结水箱；7——凝结水泵。



附图 5 高低压凝结水管道相连接示意图



附图 6 调节阀前疏水示意图



附图 7 疏水阀并联安装示意图

1——检查阀； 2——疏水器； 3——过滤器。